

Абдуллаев Гурбан Садых оглу

**МОДЕЛЬ РАСЧЕТА ЗАГРУЗКИ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ГИБКИХ
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ПРОИЗВОДСТВ БУРИЛЬНЫХ ТРУБ (ГАП БТ)**

Адрес статьи: www.gramota.net/materials/1/2011/5/9.html

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по рассматриваемому вопросу.

Источник

Альманах современной науки и образования

Тамбов: Грамота, 2011. № 5 (48). С. 28-31. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: www.gramota.net/editions/1.html

Содержание данного номера журнала: www.gramota.net/materials/1/2011/5/

© Издательство "Грамота"

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: www.gramota.net

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: almanac@gramota.net

МАТЕМАТИКА, ФИЗИКА, СТРОИТЕЛЬСТВО, АРХИТЕКТУРА, ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 621.38(62-52)

Гурбан Садых оглу Абдуллаев

Сумгаитский государственный университет, Азербайджан

МОДЕЛЬ РАСЧЕТА ЗАГРУЗКИ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ
ДЛЯ ГИБКИХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ПРОИЗВОДСТВ БУРИЛЬНЫХ ТРУБ (ГАП БТ)[©]

Введение. Математическое моделирование является одним из основных инструментов решения задач анализа, проектирования и управления ГАП-ми и робототехническими комплексами. Возрастание роли моделирования объясняется прежде всего тем, что инженерные методы выбора технических решений и расчета технико-экономических показателей, принятых для традиционных производств, оказываются либо слишком грубыми, либо не применимыми для высокоавтоматизированных производств в силу специфики последних.

В гибких автоматизированных производствах бурильных труб (ГАП БТ) компьютерами осуществляются в реальном масштабе времени контроль и управление технологическими операциями в течение полного цикла производства - от запуска заготовок на обработку до выхода готовой продукции БТ [1; 2].

Целью данной статьи является расчет загрузки транспортной системы при заданном размещении оборудования ГАП БТ.

Исходными данными для расчета загрузки транспортной системы ГАП БТ являются:

1. Матрица интенсивностей \hat{J}^* потоков между различными позициями (РП, оперативный накопитель, склад). Эту матрицу размерности $J^* \times J^*$, где $J^* = I + 2$, можно получить на основе модели, при этом будем считать, что позиция $I + 1$ - склад, а позиция $I + 2$ - оперативный накопитель ГАП БТ.

2. Технические характеристики транспортной системы ГАП БТ, к которым относятся: Δt – суммарное время, затрачиваемое на разгон, торможение, фиксацию, расфиксацию тележки и погрузку-выгрузку одного БТ; Δt^* - суммарное время, затрачиваемое на разгон, торможение, фиксацию расфиксацию подъемного стола; v - постоянная скорость перемещения подъемного стола.

3. Дисциплина обслуживания требований, реализуемая системой управления. Здесь под требованием понимается запрос на перевозку различного размера БТ, направляемый в систему управления подъемного стола, а под обслуживанием - выполнение такой подачи.

Будем предполагать, что подъемный стол обслуживает поступающие требования по стационарным правилам предпочтения и не совершает упреждающих перемещений. Правила предпочтения не изменяются со временем. Подъемный стол остается там, где оказался после завершения обслуживания последнего поступившего требования.

4. Схема размещения оборудования. Будем считать, что площадь, занимаемая технологической подсистемой ГАП БП, с учетом ограничений, накладываемых техническим устройством транспортной системы, разбита на M мест (зависимость от технологического процесса) и для каждого места $m, m = \overline{1, M}$ задано $J(m) = \{j_1, \dots, j_s\} \subseteq \{1, \dots, J\}$ - множество позиций, которые могут быть расположены в m -м месте. При этом определены и множества $M(j), j = \overline{1, J}$, где $M(j) = \{m, \dots, m_t\} \subseteq \{1, \dots, M\}$ - множество мест, в которых может быть расположена РП j .

Схема размещения оборудования и технические характеристики манипуляторов позволяют считать известную матрицу $T = [T_{m_1, m_2}]$ размерности $M \times J$, где $T_{m_1, m_2} = T_{m_2, m_1} \geq 0$ для любых $m_1, m_2, T_{mm} = 0$, а $T_{m_1 m_2}$ - время перемещения манипулятора (чистое время перемещения без учета времени выполнения вспомогательных операций) между местами m_1 и m_2 . Естественно считать, что $M \geq J$, т.е. число мест должно быть не меньше, чем число размещаемых позиций. Размерности $J \times M, X_{jm} \in \{0, 1\}$ для любых j, m :

$$X_{jm} = \begin{cases} 1, & \text{если РП } j \text{ размещается в } m\text{-м месте} \\ 0 & \text{в противном случае} \end{cases}$$

Для конкретного размещения должны выполняться следующие ограничения.

Каждая позиция размещается в каком либо месте, т.е.

$$\sum_{m \in M(j)} X_{jm} = 1, j = \overline{1, J} \quad (1)$$

В каждом месте размещается БТ не более одной позиции:

$$\sum_{j \in J(m)} X_{jm} \leq 1, m = \overline{1, M} \quad (2)$$

Зная матрицы T и X , можно определить матрицу времени перемещения $\Gamma(T, X) = [t_{j_1 j_2}(T, X)]$ размерности $j^* \times j^*$, где $t_{j_1 j_2}(T, X)$ - время перемещения подъемного стола с позиции j_1 на позицию j_2 при размещении X ;

$$t_{j_1 j_2}(T, X) = \sum_{m_2 \in M(j_2)} \sum_{m_1 \in M(j_1)} X_{j_1 m_1} X_{j_2 m_2}, j = \overline{1, j^*} \tag{3}$$

Пусть $\Gamma^{j_1 j_2}$ - матрица размерности $j^* \times j^*$, где $\bar{T}_{j_2}^{j_1}$ - среднее время обслуживания подъемным столом требования по перемещению БТ с позиции j_1 на позицию j_2 . Тогда загрузка подъемного стола

$$Q_T = \sum_{j_1=1}^{j^*} \sum_{j_2=1}^{j^*} \bar{T}_{j_2}^{j_1} \tag{4}$$

Рассмотрим процедуру расчета $\bar{T}_{j_2}^{j_1}$ при заданном размещении оборудования ГАП БТ и выбранной дисциплине обслуживания требований.

Действия подъемного стола, время выполнения которых образует $\bar{T}_{j_2}^{j_1}$ следующие: расфиксация, разгон, перемещение в позицию j (время перемещения t_{j_1}), торможение, фиксация (если подъемный стол не находился в позиции j_1) и далее - погрузка, расфиксация, разгон, перемещение из позиции j_1 в позицию j_2 БТ (время перемещения БТ $t_{j_1}, t_{j_2}(T, x)$), торможение, фиксация, разгрузка.

Таким образом:

Если подъемный стол должен переместить БТ из позиции j_1 в позицию j_2 и при этом находится в позиции j_1 ;

$$\bar{T}_{j_2}^{j_1} = \begin{cases} t_{j_1}, t_{j_2}(T, x) + \Delta t & \text{в противном случае, где } t_{j_1} - \text{время, затрачиваемое на перемещение подъемного стола в позицию } j_1, \text{ которое является случайной величиной так как зависит от местоположения подъемного стола. Тогда} \\ t_{j_1}, t_{j_2}(T, x) + \Delta t + t_{j_1} - \Delta t^* & \end{cases}$$

$$\bar{T}_{j_2}^{j_1} = \Delta t + t_{j_1} j_2(T, x) + \bar{T}_{j_1}(T, x) \tag{5}$$

где $\Delta t + t_{j_1} j_2(T, x)$ - время, затрачиваемое на перемещение БТ с позиции j_1 на позицию j_2 ; $\bar{T}_{j_1}(T, x)$ - среднее время, затрачиваемое на то чтобы подъемный стол оказался в позиции j_1 .

$$Q_T^o = Q_T(T, x) = \sum_{j_1=1}^{j^*} \sum_{j_2=1}^{j^*} (\Delta t + t_{j_1} j_2(T, x) + \bar{T}_{j_1}(T, x)) = Q_T^o(T, x) + Q_T^x(T, x) \tag{6}$$

Где $Q_T^o(T, x) = \sum_{j_1=1}^{j^*} \sum_{j_2=1}^{j^*} (\Delta t - t_{j_1 j_2}(T, x))$ - величина полезной загрузки, зависящая от дисциплины обслуживания требований:

$$Q_T^x(T, x) = \sum_{j_1=1}^{j^*} \sum_{j_2=1}^{j^*} \bar{T}_{j_1}^{j_2}(T, x) - \text{величина загрузки подъемного стола, вызванная холостым пробегом, зависящая от дисциплины обслуживания.}$$

Найдем $\bar{T}_j(T, x)$ при выбранной дисциплине обслуживания и предположим, что потоки БТ между позициями являются пуассоновскими. Пусть $\{t_N\}$ - последовательность моментов времени принятия решений, т.е. последовательность моментов окончания обслуживания требований и моментов прихода требований в незанятую систему.

Введем пространство состояний $Y_1 = \{0, (j_1, j_2), j_1, j_2 = \overline{1, j^*}\}$ и состояния системы $\vartheta(t_N)$ в момент времени t_N подъемный стол освобождается и нет очереди требований, ожидающих обслуживания, $\vartheta(t_N) = (j_1, j_2)$ означает, что выбирается требование перемещения БТ с позиции j_1 на позицию j_2 .

Пусть вероятности соответствующих событий в стационарном режиме равны:

$$p_o = \lim_{N \rightarrow \infty} P\{\vartheta(t_N) = o\}; p_{j_2}^{j_1} = \lim_{N \rightarrow \infty} R\{J(t_N) = (j_1, j_2)\} \tag{7}$$

При предположении, что поток БТ с позиции j_1 на позицию j_2 является пуассоновским с интенсивностью $\lambda_{j_2}^{j_1}$ при произвольной функции распределения времени обслуживания требований определенного типа, стационарные вероятности $p_o, p_{j_2}^{j_1}, j_1, j_2 = \overline{1, j^*}$ можно получить следующим образом.

$$Q_T^o = 1 - Q_T^o; \quad P_{j_2}^{j_1} = Q_T^o \frac{\hat{j}_2^{j_1}}{\sum_{j_1=1}^j \sum_{j_2=1}^j \hat{j}_2^{j_1}}, \quad j_1, j_2 = 1, j^* \quad (8)$$

Введем пространство состояний $Y_2 = \{1, \dots, j^*\}$.

Пусть $\Delta(t_N) = j \in Y_2$, если в момент принятия решения t_N подъемный стол находится в позиции j . Положим $P_j = \lim_{N \rightarrow \infty} P\{\Delta(t_N) = j\}$ - стационарная вероятность того, что подъемный стол в момент принятия решения находится в позиции j . Нетрудно убедиться в том, что при сделанных предположениях относительно дисциплины обслуживания имеют место соотношения:

$$P_j = \sum_{j_1=1}^j P_{j_1}^{j_1} + P_j^o \quad (9)$$

Таким образом,

$$P_j = \frac{1}{1 - Q_T^o} \sum_{j_1=1}^j P_{j_1}^{j_1} = \frac{1}{Q_T^o} \sum_{j_1=1}^j P_{j_1}^{j_1} \quad (10)$$

Подставив в это соотношение значения $P_{j_1}^{j_1}$, найдем

$$P_j = \frac{[\hat{j}(j)]}{[\hat{j}]}, \quad \text{где } [\hat{j}(j)] = \sum_{j_1=1}^j \hat{j}_2^{j_1} [\hat{j}] = \sum_{j_1=1}^j \sum_{j_2=1}^j \hat{j}_2^{j_1} \quad (11)$$

$$\text{Тогда } \bar{T}_{j_1} = \sum_{j=1, j \neq j_1}^j P_j(t_{j_1}(T, l) + \Delta x^*), \quad j_1 = \bar{1}, j^* \quad (12)$$

$$Q_T^x(T, x) = \sum_{j_1=1}^j \sum_{j_2=1}^j \hat{j}_2^{j_1} \sum_{j=1, j \neq j_1}^j \frac{[\hat{j}(j)]}{[\hat{j}]}(t_{j_1}(T, x) \Delta t^*) \quad (13)$$

Преобразуем выражение для $Q_T^x(T, x)$ следующим образом. Просуммируем по индексу j_2 и положим

$$[\hat{j}(j)] = \sum_{j_2=1}^j \hat{j}_2^j. \quad \text{При этом выполняется соотношение}$$

$$\sum_{j_1=1}^j \sum_{j_2=1}^j \frac{[\hat{j}(j_2)] [\hat{j}(j_1)]}{[\hat{j}]} = [\hat{j}] \quad (14)$$

Заменим суммирование по индексу j на суммирование по индексу j_2 . Учтем также, что

$$t_{jj} = \sum_{m_2 \in M(j)} X_{jm_1} X_{jm_2} T_{m_1 m_2} = 0 \quad (15)$$

Независимо от размещения оборудования ГАП БТ на X. Тогда

$$Q_T^x(T, x) = \sum_{j_1=1}^j \sum_{j_2=1, j_2 \neq j_1}^j \frac{[\hat{j}(j_2)] \cdot [\hat{j}(j_1)]}{[\hat{j}]} \left(j_1 j_2(T, x) + \Delta t^* = ([\hat{j}] - \sum_{j=1}^j \frac{[\hat{j}(j)] \cdot [\hat{j}(j)]}{[\hat{j}]}) \Delta t^* + \right. \\ \left. + \sum_{j_1=1}^j \sum_{j_2=1}^j \frac{[\hat{j}(j_2)] \cdot [\hat{j}(j_1)]}{[\hat{j}]} t_{j_1 j_2}(T, x) \right) \quad (16)$$

Положим $\hat{j} = [\hat{j}_2^{j_1}]$ - матрица размерности $j^* \times j^*$, где

$$\hat{j}_2^{j_1} = \begin{cases} 0, & \text{если } j_1 = j_2 \\ \frac{[\hat{j}(j_1)] \cdot [\hat{j}(j_2)]}{[\hat{j}]}, & \text{если } j_1 \neq j_2 \end{cases} \quad (17)$$

Формулы для $Q_T^n(T, x)$ и $Q_T^x(T, x)$ с использованием величин $\hat{j}_2^{j_1}$ и $\hat{j}_2^{j_1}$ можно интерпретировать следующим образом. Интенсивности потоков БТ между позициями, задаваемые матрицей \hat{j} , позволяют при определенном размещении оборудования ГАП, получить полезную загрузку подъемных столов $Q_T^n(T, x)$. Однако подъемный стол совершает также порожние перемещения. В стационарном режиме (при $Q_T(T, x) < 1$) независимо от стационарных правил предпочтения при отсутствии упреждающих перемещений величину $\hat{j}_2^{j_1}$ можно рассматривать как интенсивность потока порожних перемещений подъемного стола с позиции j_1 на позицию j_2 , порождаемую матрицей интенсивностей потоков БТ \hat{j} , а $Q_T^x(T, x)$ - как

загрузку подъемного стола по обслуживанию потоков порожних перемещений, интенсивности которых задаются матрицей . Таким образом, получаем

$$Q_T(T, x) = [\hat{\lambda}] \Delta t + [\hat{\lambda}^*] \Delta t^* + \sum_{j_1=1}^{j_1^*} \sum_{j_2=1}^{j_2^*} (\hat{\lambda}_{j_2}^{j_1} + \hat{\lambda}_{j_1}^{j_2}) f_{j_1, j_2}(T, x) \quad (18)$$

Напомним, что формула (18) получена при следующих предположениях:

- потоки БТ между позициями пуассоновские;
- выбор очередного требования для обслуживания осуществляется по стационарным правилам предпочтения;
- подъемный стол не совершает упреждающих перемещений.

В качестве примера рассмотрим расчет загрузки подъемного стола при заданном размещении оборудования ГАП. Пусть в ГАП, состоящей из трех позиций (1,2,3) за смену ($T = 480$ мин) между позициями 1-2 и 2-3 в обе стороны передается по 40 БТ, т.е. соответствующие интенсивности равны $40/480=1/12$.

$$\text{Тогда } \hat{\lambda} = \begin{bmatrix} 0 & \dots & 1/12 & \dots & 0 \\ 1/12 & \dots & 0 & \dots & 1/12 \\ 0 & \dots & 1/12 & \dots & 0 \end{bmatrix} \quad (19)$$

Функционирование подъемного стола описывается следующим образом:

- суммарное время, затрачиваемое на расфиксацию;
- разгон, торможение, фиксация, равно 10 с или 1/16 мин;
- суммарное время, затрачиваемое на погрузку, выгрузку БТ, равно 5 с, или 1/12 мин.

Времена перемещений подъемного стола между позициями, мин, задаются матрицей

$$T = [t_{j_1, j_2}] = \begin{bmatrix} 0 & \dots & 0,5 & \dots & 1 \\ 0,5 & \dots & 0 & \dots & 0,5 \\ 1 & \dots & 0,5 & \dots & 0 \end{bmatrix} \quad (20)$$

Таким образом, имеем:

$$\Delta t = 15 \text{ с} = 1/4 \text{ мин}, \Delta t^* = 1/6 \text{ мин};$$

$$[\hat{\lambda}] = 1/3; [\hat{\lambda}^{(1)}], [\hat{\lambda}^{(2)}], [\hat{\lambda}^{(3)}] = \left(\begin{bmatrix} \hat{\lambda}^{(1)} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \hat{\lambda}^{(2)} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \hat{\lambda}^{(3)} \end{bmatrix} \right) = (1/12, 1/16, 1/12)$$

и соответственно

$$\hat{\lambda} = \begin{bmatrix} 0 & \dots & 1/24 & \dots & 1/48 \\ 1/24 & \dots & 0 & \dots & 1/24 \\ 1/48 & \dots & 1/24 & \dots & 0 \end{bmatrix} \text{ или}$$

$$[\hat{\lambda}] = 4 \cdot 1/24 + 2 \cdot 1/18 = 5/24$$

$$\text{Тогда } Q_T^n = (\hat{\lambda}) \Delta t + \sum_{j_1 j_2} \hat{\lambda}_{j_2}^{j_1} t_{j_1 j_2} = 1/3 \cdot 1/4 + 4 \cdot 1/12 \cdot 1/2 = 0,25$$

$$Q_T^x = [\hat{\lambda}] \Delta t + \sum_{j_1 j_2} \hat{\lambda}_{j_2}^{j_1} t_{j_1 j_2} = 5/24 \cdot 1/6 + 4 \cdot 1/24 \cdot 1/2 + 2 \cdot 1/48 \cdot 1 = 1/6 - 1/144 \approx 0,15$$

$$Q_T = Q_T^n + Q_T^x = 1/4 + 1/6 - 1/144 \approx 0,40$$

Таким образом, существо построенной математической модели для расчета загрузки транспортной системы ГАП БТ по критерию минимума стоимости иерархической управляющей системы состоит в том, что бы найти целочисленные значения искомым неизвестных X_{ji}, Y_{km}, Z_i , доставляющие минимум целевой функции и удовлетворяющие ограничениям.

Список литературы

1. Абдуллаев Г. С. Система автоматического регулирования параметров бурильных труб с нечеткими числами // Прибор и системы. Управление, контроль, диагностика. М., 2004. № 6. С. 8-10.
2. Кязимов Н. М., Ахмедов М. А., Абдуллаев Г. С. и др. Математическая модель манипулятора для сборки резьбовых соединений // Ученые записки Азерб. ГНА. Баку, 1993. № 2. С. 86-101.